

Bild: KI Midjourney | Bearbeitung c't

Operation Sunplant

So bauen Sie kleine (und große) Balkonkraftwerke

Das Planen selbst kleiner Photovoltaikanlagen ist trotz vieler kursierender Informationen für Einsteiger schwierig. Direkt drauflos zu kaufen ist immer eine schlechte Idee. Deshalb gibts hier einen Leitfaden mit- samt Planungsvorlage.

Von Andrijan Möcker

Seitdem über Balkonkraftwerke an allen Ecken und Enden berichtet und dafür geworben wird, hat auch c't das Thema in vielen Artikeln behandelt [1, 2, 3]. Eigentlich könnten wir jetzt behaupten, dass dazu alles gesagt ist. Dennoch trudeln in unseren Mailpostfäächern regelmäßig Fragen ein; auch aus der Redaktion kommen immer wieder Anfragen, wie man bei Installationen vorgehen sollte und was man dabei alles beachten muss.

Darum lesen Sie in diesem Artikel, wie Sie für Ihre persönlichen Verhältnisse Schritt für Schritt zu Ihrer mehr oder weniger großen Photovoltaikanlage mit Mirkowechselrichter kommen. Die Planungs-

schritte beruhen auf unseren Erfahrungen, die wir beim Bau solcher Anlagen in den letzten Jahren gesammelt haben.

Dabei variiert die Detailtiefe mancher Schritte, weil wir nicht jeden spitzverdackelten Spezialfall aller denkbaren baulichen und Verkabelungsgegebenheiten behandeln können. Unsere Tipps plus etwas weitere Recherche und Handarbeit sollten Sie aber an Ihr Ziel bringen. Dieser Artikel geht davon aus, dass Sie sich schon grob informiert haben, was ein Balkonkraftwerk eigentlich ist und einige Grundbegriffe der Elektroinstallation kennen oder das Nötige noch mal in den genannten Artikeln nachlesen.

Lohnt sich das?

Die Frage ob sich das lohnt, steht bei vielen an erster Stelle. Die Antwort lautet meistens: „Ja!“ Geht es nicht nur um eine gelegentlich genutzte Kleingartenhütte oder Zweitwohnung ohne Kühlschrank, Router und so weiter, ist ein Balkonkraftwerk die perfekte Ergänzung, um den Grundverbrauch zu vergrößen und in absehbarer Zeit tagsüber für den Strom nichts mehr zu bezahlen – ein sonniges Plätzchen vorausgesetzt.

Die Preise für die Komponenten sind zuletzt durch die Senkung der Mehrwertsteuer auf 0 Prozent und das gestiegene Angebot in den Keller gefallen. Dimensionieren Sie die Anlage nicht zu groß und nicht zu klein, haben Sie Ihr Geld nach drei bis sechs Jahren wieder drin. Wie schnell das geht, hängt von den Installationskosten, dem Strompreis und den Sonnenstunden ab.

Wie Sie Ihren Grundverbrauch ermitteln und darüber das Balkonkraftwerk dimensionieren, erfahren Sie weiter unten. Erstmal schaffen wir einen Rahmen für das Projekt und klären die Voraussetzungen.

Ortsbegehung

Der Begriff „Balkonkraftwerk“ hat sich als umgangssprachliche Bezeichnung für kleine Photovoltaikanlagen etabliert. Solche Anlagen sind aber nicht nur am Balkon gestattet. Sie können Ihre an beliebigen geeigneten Orten installieren.

Selbst wenn das Balkongeländer tauglich erscheint, lohnt es sich, nach weiteren Orten zu schauen; eventuell ist die Installation dort einfacher. Behalten Sie im Kopf, dass Sie ein schattiges Plätzchen für den Mikrowechselrichter benötigen; die Geräte drosseln ihre Leistung, wenn es ihnen zu heiß wird. Schauen Sie sich gründlich um und suchen Sie Orte mit vielen Sonnenstunden über den Tag und stellen Sie sich auch am besten schon vor, wie eine Anlage jeweils dort aussähe. Der Rest ergibt sich aus den folgenden Schritten.

Auf Flachdächern von Carports oder Gartenhütten haben Sie oft leichtes Spiel. Dort können Sie die Anlage mit wenig Werkzeug zusammenschrauben und günstige Aufständerungen für den besten Winkel des Panels zur Sonne verwenden. Doch auch mit Dachpappe eingedeckte Dächer auf Schuppen oder fest stehende Pavillons taugen für Solarinstallationen. An sonnigen Wänden spricht ebenso nichts gegen Solarmodule.

Natürlich kann auch ganz klassisch das Ziegeldach als Kraftwerksplatz erhalten. Sind die Ziegel lediglich aufgelegt und nicht mit Mörtel fixiert, ist die Arbeit überschaubar – die Liste an Werkzeug und Ausrüstung jedoch länger. Überlegen Sie, wo die Ersatzziegel liegen oder wo Sie sie kaufen können; einen werden Sie mindestens beschädigen.

Auf vielen von Profis gebauten Dächern ist das hinzukommende zusätzliche Gewicht der Solarmodule kein Thema, weil die Konstruktionen auf ein Vielfaches der typischen Schneelast ausgelegt sind. Die beträgt meist über 50 Kilogramm pro Quadratmeter. Möchten Sie auf Nummer sicher gehen, fragen Sie eine Architektin, einen Statiker oder den Erbauer.

Ist das Balkongeländer der einzige mögliche Aufstellort, notieren Sie sich, ob die Installationshöhe über Grund ab Oberkante des Geländers größer als vier Meter ist und ob sich Personen direkt darunter aufhalten können. Das ist baurechtlich wichtig und wird später bei der Auswahl der Solarmodule relevant.

Naturgemäß lohnen sich Süd- sowie Ost- und Westinstallationen am meisten; doch auch Norddächer funktionieren, allerdings nur bei geringer Neigung und dann auch primär im Sommer. Auch Kombinationen sind mit passenden oder einzelnen Wechselrichtern möglich.

ct kompakt

- Balkonkraftwerke zu errichten ist keine Magie, sollte aber ordentlich geplant werden.
- Am Balkongeländer gelten spezielle Regeln für Solarmodule.
- Mit einem Planungsdokument erledigen Sie das Projekt Schritt für Schritt.

Der Platzbedarf variiert etwas mit der Installationsweise, der verwendeten Halterung beziehungsweise Aufständerung und der Panelgröße. Derzeit weit verbreitete Panels zwischen 380 und 415 Watt sind grob $1,80 \times 1,15$ Meter groß. Rechnen Sie also pro Modul mit einem Platzbedarf von etwa $2 \times 1,35$ Meter. Möchten Sie Panels hintereinander aufständern, müssen Sie 50 bis 100 Zentimeter Platz zwischen den Panels einkalkulieren.

Haben Sie einen oder mehrere vielversprechende Orte identifiziert, machen Sie sich Gedanken, wie Sie den Installationsort mit Netzspannung versorgen: Existierende Elektroverteilungen und Steckdosen sind meist ein gutes Zeichen, besonders dann, wenn Sie in einer Haupt- oder Unterverteilung einen separaten

Planungsvorlage

Schreiben Sie Ihre Pläne zum Thema auf. Das teilt das Projekt in gut handhabbare Häppchen. Dafür genügt ein beliebiges Textdokument; wir verwenden aber gerne sogenannte Markdown-Pads.

Markdown-Pads sind Textdokumente in einem Browser-Editor, die mit der Auszeichnungssprache Markdown formatiert und gleichzeitig von mehreren Personen bearbeitet werden können. Klingt erstmal kompliziert, ist es aber nicht: Markdown braucht keine Menüs und verändert nicht ungefragt Formatierungen, weil es glaubt zu wissen, was Sie wollen.

Unter ct.de/yq8p finden Sie eine Balkonkraftwerk-Planungsvorlage im Markdown-Editor HedgeDoc, die Sie aus der Markdown-Ansicht (Stift, oben links) kopieren und für Ihre eigenen Zwecke in einem beliebigen Markdown-Editor einfügen können. Der Chaos-Computer-

Club betreibt unter md.darmstadt.ccc.de eine Hedgedoc-Instanz, auf der Sie als Gast eine Notiz erstellen können. So was ist von Vorteil, wenn mehrere Leute gemeinsam eine Anlage planen. In der Leseansicht (Auge) können Sie das Dokument zudem über den Browser-Druckdialog aufs Papier oder in ein PDF drucken. Achten Sie nur darauf, keine persönlichen Daten und Privatadressen dort einzutragen. Planen Sie nur für sich selbst, nehmen Sie einfach irgendeinen Markdown-Editor auf Ihrem lokalen Rechner.

Sie können aber auch eine eigene HedgeDoc-Instanz betreiben – in [4] haben wir beschrieben, wie das gelingt. So was ist von Vorteil, wenn mehrere Leute gemeinsam eine Anlage planen. Sie können aber auch fremde Server nutzen.



Meine Meinung: Mehr machen

Von Andrijan Möcker

Politisch diskutiert und von vielen gefordert ist die vereinfachte Anmeldung auch für Anlagen bis 800 Watt. Lohnt es sich, gleich einen 800-Watt-Wechselrichter zu kaufen? Und was kann man machen, wenn der Grundverbrauch deutlich höher ist? Der steigt schließlich schnell, wenn man rechenintensive Aufgaben im Heimbüro erledigt, einen Warmwasserspeicher elektrisch füttert oder ein kleines Gewerbe mit im Haus betreibt.

Ich handhabe das ganz unbürokratisch: Wenn es elektrisch sicher möglich ist, schließe ich einfach mehr an. Ich habe kein Verständnis für die oft unnötig komplizierten Verfahren der Netzbetreiber zur Anmeldung der Anlagen – und genauso wenig für die derzeit oft vollkommen überzogenen Preise der Photovoltaikfachbetriebe. Mir geht es jedoch nicht darum, riesige Anlagen ohne Erlaubnis zu bauen und dem Netzbetreiber damit die Planung zu versauen, sondern darum, die Grundlast mit grünem Sonnenstrom

abzufangen – also möglichst wenig einzuspeisen.

Der Planet brennt – an vielen Stellen wortwörtlich – und die Energiewende ist nötig, um die Folgen des Klimawandels zu mindern. Technisch gesehen existiert ein Mittelweg zwischen dem 600-Watt-Balkonkraftwerk für 700 Euro und der riesigen Anlage für mehrere zehntausend Euro bereits: Normkonforme und zertifizierte Mikrowechselrichter für vier oder sechs Panels mit 1200, 1500 oder auch über 2000 Watt Ausgangsleistung kosten oft nicht einmal 100 Euro mehr als die 600-Watt-Geräte. Diese Geräte zu installieren ist auch nicht sonderlich komplizierter, kostet aber, vom Profi ausgeführt, oft Unsummen und ist somit unattraktiv.

Würde man größere Mikrowechselrichter zum vereinfachten Anschließen nach Vorbereitung durch eine Elektrofachkraft zulassen, könnten auch Menschen mit weniger Kaufkraft größere Photovoltaikanlagen errichten und kleinere Flächen zu belegen würden wirtschaftlich attraktiv.

Leitungsschutzschalter (umgangssprachlich: Sicherung oder Automat) entdecken: Gibt es etwa eine durchgehende Leitung zum Balkon, dem Carport oder Gartenhaus, können Sie das Balkonkraftwerk und die Verbraucher jeweils getrennt absichern. Im 600-Watt-Normfall ist das nicht unbedingt nötig, aber sinnvoll und bei größeren Anlagen sowieso.

Erlaubnis

Die Erlaubnisfrage wird Ihre erste größere Rechercheaufgabe, denn die Lage ist nicht ganz einfach: Wenn Sie selbst nicht Eigentümer des Gebäudes sind oder Teil einer Eigentümergemeinschaft, müssen Sie wahrscheinlich die Eigentümer fragen. Bei Redaktionsschluss waren Steckersolaranlagen noch nicht im Katalog der

privilegierten Maßnahmen des Wohnungseigentumsgesetzes. Das bedeutet, dass Sie kein gesetzliches Recht auf eine Photovoltaikanlage haben, sodass Ihr Vermieter oder die Eigentümergemeinschaft die Anlage grundlos ablehnen darf.

Sind bereits andere Installationen am Balkon erlaubt, etwa Blumenkörbe, Sichtschutzwände oder Parabolspiegel für den Satellitenempfang, dann können Sie mit guten Aussichten einfach fortfahren.

Haben Sie die Hürden im Haus gemeistert, geht es an die Zulässigkeit: Grundsätzlich ist das Installieren einer (kleinen) Photovoltaikanlage in allen Bundesländern baugenehmigungsfrei und in Neubau- oder Einfamilienhaussiedlungen dürften Sie keine Probleme bekommen. Gerade Deutschlands ältere Städte sind

jedoch voller Verordnungen und Bauvorschriften zur individuellen Gestaltung von Häusern, dem Stadtbild insgesamt, dem Denkmalschutz und dem Aussehen der Häuser in der Nähe denkmalgeschützter Gebäude.

Eine Suchmaschine hilft beim Recherchieren nach städtischen Bauverordnungen. Im Idealfall bietet Ihre Kommune eine Übersichtsseite mit Verordnungen, in denen Sie nachlesen können, wie Photovoltaikanlagen gehandhabt werden. Oft fassen die Verwaltungen Solarthermie und Photovoltaik als „Solaranlagen“ zusammen.

Wenn nicht, rennen Sie auf keinen Fall direkt zur Verwaltung! Treffen Sie dort auf die Falschen, wird das Vorhaben schnell komplizierter als so mancher Hausbau. Anlageninhaber in der Nachbarschaft sollten Ihre erste Adresse sein; wir haben noch keinen erlebt, der nicht gerne von seiner PV-Installation erzählt, also: keine Scheu!

In von Verordnungen abgedeckten Gebieten reichen die Anforderungen von der zweiseitigen Bauanzeige bis hin zur teuren Denkmalschutzprüfung. Vergessen Sie nicht, dass das Ignorieren der Vorschriften und der vorsätzliche Verstoß gegen solche Verordnungen – der Vorsatz ist etwa durch ungeschicktes Anfragen bei der Verwaltung bewiesen – richtig teuer werden kann.

Versicherungen

Um die Versicherungslage bei Balkonkraftwerken ranken sich mindestens so viele Mythen wie um die Anlagen selber. Versicherungsverträge sind kompliziert; eine sichere Aussage bekommen Sie nur, wenn Sie für Ihr Installationsvorhaben schriftlich bei Ihrer Versicherung nachfragen. Prüfen Sie nicht nur, ob Gebäude- und Hausratversicherung Schäden am und durchs Balkonkraftwerk abdecken, auch für separate, das Gebäude betreffende Versicherungen – bei Feuerversicherungen etwa – kann das eine Rolle spielen.

Insbesondere bei Wohnungen und Reihenhäusern müssen Sie im Hinterkopf haben, dass Sie für Schäden, die durch Ihr Balkonkraftwerk entstehen und die nicht auf die Hersteller der Komponenten zurückzuführen sind, persönlich haften. Selbst wenn Sie am Ende nicht Schuld haben, wird sich der Hersteller wahrscheinlich erst einmal wehren. Eine Privatehaftpflichtversicherung ist einmal mehr sinnvoll; vergessen Sie nicht, auch bei dieser das Thema Balkonkraftwerk anzusprechen. Grundsätzlich sind viele Ver-

sicherer ihnen positiv gestimmt. Wir konnten weder bei der Recherche noch in Zuschriften Problemfälle entdecken.

Die Zusagen der Versicherungen sind kein Freifahrtschein für Pfusch. Auf der sicheren Seite sind Sie, wenn Sie sich die Zeit nehmen und alles ordentlich machen.

Dimensionierung

Steht die Wirtschaftlichkeit Ihres Balkonkraftwerks für Sie oben auf der Prioritätenliste, müssen Sie die Anlage richtig dimensionieren. Schließlich schenken Sie sämtliche überschüssig produzierte Leistung dem Netzbetreiber. Dieser installiert nach Ihrer Anmeldung einen Zähler, der die eingespeiste Leistung zwar zählt, aber in der Regel nicht vergütet.

Zwar gibt es Mikrowechselrichter nicht nur mit 300 oder 600 Watt Ausgangsleistung, sondern auch mit 350, 315, 400 und 500 Watt, allerdings sind die Solarmodule mittlerweile so groß, dass man zumindest 400- oder 500-Watt-Geräte mit einem Panel die meiste Zeit unterfordern und mit zwei Panels weit überbelegen würde. Deshalb unterscheiden wir erstmal zwischen 300- und 600-Watt-Installationen – aber keine Sorge: Auch größere Anlagen sind gleich noch Thema.

Für die Dimensionierung müssen Sie Ihren Grundverbrauch berechnen, also die Energie, die Dauerläufer wie Kühlschrank, Router und so weiter in Ihrem Haushalt im Schnitt benötigen. Den Messzeitraum wählen Sie so, dass währenddessen die in



Dachhaken wie diesen zu installieren ist keine Magie. Je nach Pfannenform muss eine Nut in den unteren, den oberen oder in beide Ziegel gefräst werden, damit der Haken passt.

Frage kommenden Flächen Ihres Balkonkraftwerks beschienen werden.

Der Rest ist Mathematik: Notieren Sie den Stromzählerstand zu Beginn und zum Ende des Messzeitraums. Dann ziehen Sie den Zählerstand zu Beginn vom Zählerstand am Ende ab und teilen ihn durch die Anzahl der Stunden zwischen beiden Zählerständen, um den Grundverbrauch in Kilowatt zu erhalten. Beispielsweise: $(4690,2 \text{ kWh} - 4689,5 \text{ kWh}) / 9 \text{ Stunden} = 0,077 \text{ kW}$, also 77 Watt. Während des Messzeitraums sollten Großverbraucher wie die Waschmaschine, der Trockner und Geschirrspüler nicht laufen. Arbeiten Sie aber primär daheim, machen Sie das während der Messung auch, auch das zählt dann zur Grundlast.

Bei unter 100 Watt Grundlast planen Sie ein Panel mit 300-, 315- oder 350-Watt-

Wechselrichter – je nachdem, was gerade günstig ist. Panels zwischen 380 und 415 Watt liefern auch an dunkleren Tagen 30 bis 100 Watt. Bei höherem Verbrauch lohnen sich 600 Watt.

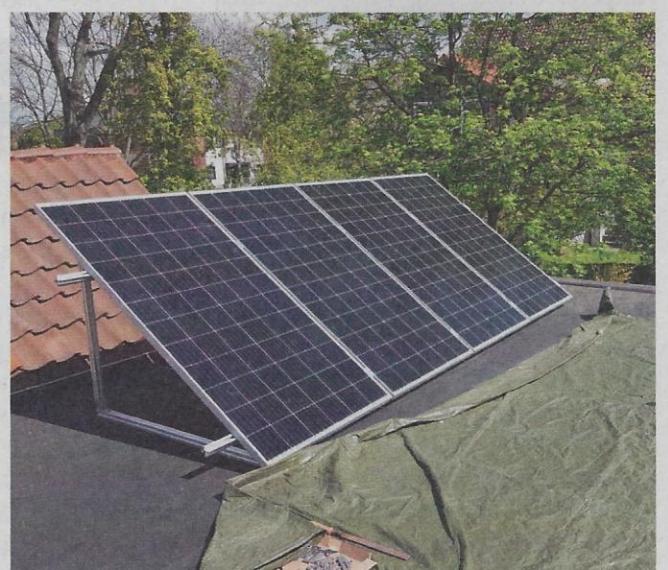
Spielt die Wirtschaftlichkeit für Sie weniger eine Rolle, empfehlen wir direkt eine 600-Watt-Anlage. Das macht einerseits den europäischen Strommix etwas grüner und garantiert Ihnen über Jahrzehnte – also auch bei Leistungsverlust der Module – dass Ihr Grundverbrauch abgedeckt ist.

Elektrik

Das Stromnetz besteht aus drei Phasen und ein Mythos besagt, man müsse diese Tatsache bei der Planung berücksichtigen. Die Wahrheit: In welche der drei Phasen Sie die gewonnene Energie aus dem Bal-



Auch freie Grünflächen dürfen Sie in den meisten Bundesländern baugenehmigungsfrei für kleine Photovoltaikanlagen nutzen.



Flachdachaufstellerungen bekommen Sie in allerhand Formen mit unterschiedlichem Neigungswinkel. Der Aufbau ist in der Regel unkompliziert möglich.

konkraftwerk einspeisen, spielt keine Rolle. Moderne Zähler saldieren die Leistung über alle Phasen, Verbrauch und Erzeugung können also auf unterschiedlichen Phasen hängen.

Wie man den Wechselrichter mit dem Netz verbinden soll und darf, ist bis zuletzt heftig diskutiert worden. Da wir von der derzeit hauptsächlich verlangten Wieland RST20i – eine spezielle Einspeisesteckdose – genauso wenig halten wie von dauerhaft belegten Außensteckdosen, verdrahten wir das Kabel zum Wechselrichter in der Regel fest – entweder in einer Abzweigdose, am Abzweiganschluss einer Außensteckdose oder mit einem direkten Kabel zur Unterleitung.

So erlauben es mittlerweile auch viele Netzbetreiber, wenn es eine Elektrofachkraft erledigt, und man spart die Kosten für eine weitere Dose, die eh dauerhaft eingesteckt ist. Viele Wechselrichter werden zudem über den Betteri BC01 mit dem Netz verbunden; er ist berührungssicher und verriegelt.

Für hohe elektrische Sicherheit sollten Sie die Absicherung ändern (lassen): Balkonkraftwerke bis 600 Watt sind meist kein Problem für frische, normgerechte Elektroinstallationen. Allerdings altern diese auch und wenn die Komponenten mehr als 20 Jahre hinter sich haben, empfehlen wir, den besagten Leitungsschutzschalter an dem Stromkreis, an dem das Balkonkraftwerk angeschlossen wird, um eine Größenordnung zu reduzieren – also typischerweise von 16 auf 13 oder auch 10 Ampere. Unabhängig vom Alter auch dann, wenn Sie direkt 800 Watt anschließen wollen.

Der Grund ist, dass das Balkonkraftwerk an einer normalen Haushaltssteckdose ein Generator in einem Verbraucherstromkreis ist. Wenn am zuständigen Leitungsschutzschalter mehrere Steckdosen angeschlossen sind und das Balkonkraftwerk an einer davon hängt, steigt die abrufbare Leistung im Kreis, die sonst typischerweise 3860 Watt bei 16 Ampere Absicherung beträgt, um die vom Balkonkraftwerk erzeugte Leistung.

Erzeugt das Balkonkraftwerk also 600 Watt, müssten an allen anderen Steckdosen insgesamt schon 4280 Watt fließen, bevor der Leitungsschutzschalter erst in seinen Auslösebereich kommt. Er löst dann also deutlich später aus.

Den Leitungsschutzschalter sollte eine Elektrofachkraft austauschen. Besitzt

Ihre Elektroinstallation noch Schraubsicherungen, ist das Austauschen zwar einfacher, trotzdem sollte in diesem Fall eine Fachperson einen Blick auf die Anlage werfen und entscheiden, welche Sicherungsgröße sinnvoll ist.

Einzeln abgesichert

Das Problem der Absicherung löst sich (fast) in Luft auf, wenn ein Kabel mit eigenem Leitungsschutzschalter und ohne Abzweige von der U1.er- oder Hauptverteilung, also vom Sicherungskasten zum Installationsort führt. Die vom Balkonkraftwerk produzierte Energie gelangt dann nicht mehr zu Verbrauchern, ohne eine Sicherung gesehen zu haben; das Balkonkraftwerk hat einen eigenen „Generatorstromkreis“ und die Verbraucher sind separat geschützt.

Benötigt man am Installationsort auch Verbraucheranschlüsse, kann eine Elektrofachkraft über einen Kleinverteiler mit separaten Leitungsschutzschaltern absichern. So kann man auch größere Kleinanlagen mit zuvor erwähnten Mikrowechselrichtern über 600 Watt sicher betreiben.

Wie viel Leistung Sie anschließen können, sollte die Fachkraft beurteilen, denn was Sie dauerhaft sicher über das Kabel schicken dürfen, hängt vom Kabelquerschnitt und der Verlegeart ab.

Anti-Pfusch

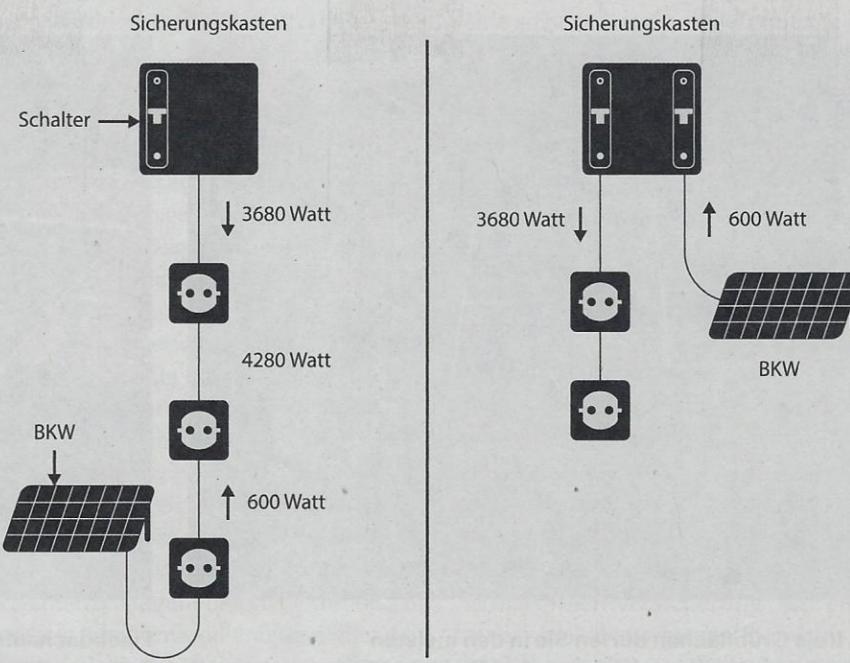
Wir möchten Sie eindringlich davor warnen, einfach bei der Verkabelung selbst loszulegen und mal eben etwas anzuklemmen, einen Kleinverteiler zu installieren oder gar einen Leitungsschutzschalter in der Verteilung zu tauschen. Fehler können weitreichende Konsequenzen haben, Ihre Existenz durch ein Feuer vernichten und Sie und andere Menschen schwer verletzen oder töten.

Rein rechtlich gesehen verbietet Ihnen die Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) in Paragraph 13 Absatz 2 das Ändern der E-Installation. Eine Strafe und Zahlungsverweigerung der Versicherung gäbe dann, wenn etwas passiert. In einer Mietwohnung kann das Ändern der Elektroinstallation indes zu einer fristlosen Kündigung führen.

Was Sie tun dürfen: Sie können – sofern Sie sattelfest in den Sicherheitsregeln,

Absicherungsproblem

Steckt man das Balkonkraftwerk einfach in die Steckdose, ist es ein Generator in einem Verbraucherstromkreis. Dementsprechend steigt die Maximalleistung, die an anderen Steckdosen abgerufen werden kann, um die Leistung der Photovoltaikanlage an – das kann ein Sicherheitsrisiko sein. Eine eigene Leitung mit separater Absicherung löst das Problem.



den Grundlagen der Elektroverteilung und der nötigen und zulässigen Installationsmaterialien sind – die Installation nach den anerkannten Regeln der Technik vorbereiten und das von einer Fachkraft beurteilen lassen, die auch die Installation und den Anschluss übernehmen kann.

Glasrichtlinien

Haben Sie geklärt, wie die Anlage an Ihr Hausnetz kommt, kann es mit der Panelauswahl losgehen. Dabei ist wichtig, dass der Installationsort feststeht, weil beim Montieren am Balkon in über vier Metern Höhe (bis Moduloberkante) besondere Vorschriften gelten. Es wird also nochmal kompliziert. Planen Sie, die Panels niedriger zu montieren, können Sie diesen Absatz überspringen.

Die DIN 18008 schreibt vor: Über Verkehrsflächen – was dazu zählt, erläutern wir gleich – dürfen die typischen, günstigen Glas-Folien-Module mit Einscheiben-Sicherheitsglas nur bis vier Meter Höhe (ab Moduloberkante) eingesetzt werden. Darüber hinaus sind ausschließlich Module zulässig, deren Glasscheiben einem Heißlagerungstest unterzogen worden sind (ESG-HF), um die Gefahr eines spontanen Bruchs auszuschließen.

Als Verkehrsfläche zählen laut DIN 277 alle Flächen die „der horizontalen und vertikalen Verkehrerschließung oder der Verkehrssicherung eines Gebäudes“ dienen. Fußwege, Straßen und so weiter gehören auf jeden Fall hierzu. Die Grünfläche unter dem Balkon kann als Verkehrsfläche gelten, wenn sie etwa ausgewiesener Fluchtweg für die Wohnungen darüber ist.

Wollen Sie die Module zusätzlich zur Höhe um mehr als zehn Grad gegenüber der Senkrechten anwinkeln, wird die Installation zur Horizontalverglasung, die in dieser Höhe und über Verkehrsflächen eine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) benötigt. Für diese Installationen konnten wir nur bei Solarwatt und Aleo-Solar Panels entdecken.

Das alles ist nicht etwa Schikane gegen Photovoltaikbetreiber, sondern gilt für alle Glasscheiben bei Überkopfinstallation unabhängig vom Verwendungszweck. Viele aktuell günstig verkaufte Balkonkraftwerk-Sets erfüllen diese Anforderungen nicht. Zwar gibt es keine Richter, wo keine Kläger sind, allerdings gelten die Normen als „allgemein anerkannte Regeln der Technik“. Der Verstoß dagegen wird in dem Moment bestraft, wo



Bild: Sebastian Müller

Wollen Sie Ihr Balkonkraftwerk an der Balustrade montieren, müssen Sie besondere DIN-Normen beachten, die Überkopf-Glasinstallationen regeln. Sie sollen Menschen vor Verletzungen durch spontanen Glasbruch schützen.

Menschen zu Schaden kommen (§319 StGB).

Wollen Sie dies vermeiden, machen Sie sich nochmal einmal Gedanken um einen anderen Montageort. Eventuell gibt es einen Kabelweg vom Zählerschrank im Keller aufs (Flach)Dach oder eine Montagemöglichkeit auf dem Balkon statt davor über dem Bürgersteig.

Abhilfe könnten leichte, glasfreie Module aus Kunststoffen wie ETFE schaffen. Doch die Hersteller geben deutlich kürzere Garantiezeiten auf Material und Verarbeitung als bei typischen Solarmodulen. Das muss man bei der Wahl bedenken.

Panelauswahl

Haben Sie keine besonderen Anforderungen an das Solarmodul, müssen Sie nur beachten, welche mit weniger als 2 Quadratmeter Glasfläche zu wählen. Größere dürfen nur auf gebäudeunabhängigen Freiflächen bis drei Meter Höhe installiert werden.

Hohe Speditionskosten für Ihre Solarpanels können Sie vermeiden: Suchen Sie zunächst in der Umgebung nach Händlern, die Ihnen Solarkomponenten direkt verkaufen. Wir machen das am liebsten über eBay-Kleinanzeigen, da gerade Lagerverkäufe dort häufig auftauchen. Solarmodule in der Nähe selber abzuholen, ist mit Abstand am günstigsten und im Kombi oder Anhänger kein Problem. Einen 600- oder 800-Watt-Wechselrichter kann man gut mit zwei Modulen à 380 bis 415 Watt

belegen.

Zwischen vielen Modulen asiatischer Hersteller konnten wir bislang kaum Qualitätsunterschiede feststellen. Wir achten lediglich darauf, dass der Hersteller bereits einige Jahre am Markt ist und dass es keine negativen Berichte über die Produkte gibt.

Wenn Sie Wert darauf legen, dass die

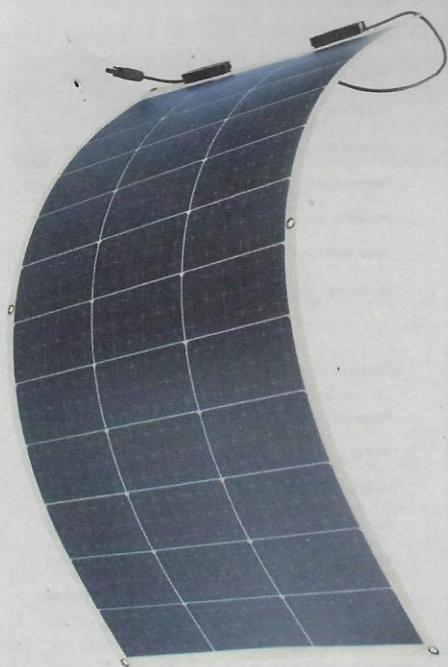


Bild: Pearl

Glasfreie Module aus Kunststoff sind eine sichere Alternative zu GlasmODULEN in großer Höhe. Allerdings darf man nicht dieselbe Lebenszeit erwarten und teurer sind sie auch.

Solarmodule in Europa hergestellt werden, werden Sie etwa bei Solarwatt, Kioto Photovoltaics, Luxor Solar, Heckert, Viessmann, Meyer-Burger oder Aleo-Solar fündig. Da die asiatischen Module den Markt jedoch dominieren, stehen die Chancen, diese Module bei Lagerverkäufen zu finden, nicht gerade gut. Sie müssen also 50 bis 100 Euro Versandkosten einplanen.

Komplettsets mit Modulen und Wechselrichtern kaufen wir gar nicht, da diese aufgrund des Versands vergleichsweise teuer sind und meist nicht die von uns favorisierten Wechselrichter beinhalten – mehr dazu gleich.

Die Auswahl der Halbleitertechnik für

die Solarmodule ist aktuell nicht groß: Monokristalline Module haben polykristalline verdrängt. Gängige Techniken zur Effizienzsteigerung nehmen sich wenig. Doppelseitige Module (Bifazial, englisch bi-facial) sind nur sinnvoll, wenn die Fläche hinter dem Modul auch tatsächlich nennenswert Licht reflektiert. Gerade bei diesen Modulen rechnet der Hersteller auch gerne Vorder- und Rückseite zusammen. Näheres dazu finden Sie beim Wählen der Datenblätter.

Beachten Sie außerdem, dass die angegebenen Maximalwerte im Datenblatt unter Testbedingungen entstanden sind. An einem heißen Sommertag können Sie 70 bis 90 Prozent der angegebenen Mo-

dulleistung erwarten. An einem sonnigen Wintertag sind 100 Prozent möglich, weil Solarmodule bei Kälte besser arbeiten können. Als Steckverbinder hat sich bei Solarmodulen weltweit MC4 durchgesetzt.

Mikrowechselrichter

Wir verwenden derzeit bevorzugt Mikrowechselrichter von Hoymiles. Vor allem, weil sie sich günstig per Funk überwachen lassen. Das liegt am Open-Source-Projekt OpenDTU, das das Auswerten aller Modelle der HM-Serie ohne teure Zusatzgeräte, Cloudaccounts oder umständliche Messadapter als Zwischenstecker erlaubt. Einen Artikel zu OpenDTU finden Sie in c't 24/2022 [5].

Mögen Sie es lieber per App, bedienen Sie sich in Deyes WLAN-fähiger Mikrowechselrichter-Serie. Die 300- und 600-Watt-Modelle erhalten Sie in Deutschland auch unter den Marken Bosswerk und revolt (Pearl). Anfang des Jahres berichteten wir über eine Sicherheitslücke in deren Firmware – ein Update hat sie geschlossen.

Alle Geräte gab es bei Redaktionsschluss günstig und gut verfügbar in Onlineshops. Sie sollten ausschließlich Geräte wählen, welche die Norm VDE-AR-N 4105 erfüllen und von einem europäischen Händler kommen. Diese haften als Importeure für die Sicherheit; Schadensersatz von einem ausländischen Händler zu bekommen, ist extrem schwierig.

Ob ein Solarmodul zu einem Mikrowechselrichter passt, können Sie prüfen, indem Sie die Datenblätter beider vergleichen: Die Spannung des Solarmoduls im unbelasteten Zustand (Volt, open circuit; Voc) muss im Spannungsbereich des Wechselrichters liegen. Liegt sie darunter, kann das Gerät nicht arbeiten, darüber wird es möglicherweise beschädigt. Zweitens: Die Spannung bei voller Leistung (Volt, maximum power; Vmp/Ump) muss sich im Arbeitsbereich des Leistungsoptimierers (Maximum Power Point Tracker, MPPT) des Wechselrichters bewegen. 5 bis 10 Volt Luft zum unteren Ende sind optimal, damit der Wechselrichter auch bei schwächerem Licht noch Leistung abrufen kann.

Übersteigt der Strom des Panels (Ampere; Imax) bei maximaler Leistung den Eingangstrom des Wechselrichters, ist das kein Drama, weil dieser ihn selber begrenzt. Größere Differenzen führen aber dazu, dass der Wechselrichter die Energie

The screenshot shows the OpenDTU web interface with the following data:

- Live Data:**
 - Total Yield Total: 76,56 kWh
 - Total Yield Day: 164 Wh
 - Total Power: 63,9 W
- Phase 1:**

| Property | Value | Unit |
|---------------|--------|------|
| Power | 63,9 | W |
| Voltage | 232,0 | V |
| Current | 0,28 | A |
| Power DC | 67,20 | W |
| YieldDay | 164,00 | Wh |
| YieldTotal | 76,56 | kWh |
| Frequency | 49,97 | Hz |
| Temperature | 7,7 | °C |
| PowerFactor | 0,950 | |
| ReactivePower | 21,0 | var |
| Efficiency | 95,09 | % |
- String 1:**

| Property | Value | Unit |
|-------------|--------|------|
| Power | 29,1 | W |
| Voltage | 31,9 | V |
| Current | 0,91 | A |
| YieldDay | 62 | Wh |
| YieldTotal | 34,306 | kWh |
| Irradiation | 7,37 | % |
- String 2:**

| Property | Value | Unit |
|-------------|--------|------|
| Power | 27,5 | W |
| Voltage | 31,90 | V |
| Current | 0,86 | A |
| YieldDay | 81 | Wh |
| YieldTotal | 32,988 | kWh |
| Irradiation | 6,96 | % |
- String 3:**

| Property | Value | Unit |
|------------|-------|------|
| Power | 0,7 | W |
| Voltage | 46,0 | V |
| Current | 0,02 | A |
| YieldDay | 2 | Wh |
| YieldTotal | 0,466 | kWh |
- String 4:**

| Property | Value | Unit |
|-------------|-------|------|
| Power | 9,9 | W |
| Voltage | 46,00 | V |
| Current | 0,22 | A |
| YieldDay | 19 | Wh |
| YieldTotal | 8,803 | kWh |
| Irradiation | 3,30 | % |

Wer auf cloudfreie Smart Homes und unkomplizierte Photovoltaikauswertung ohne Anmeldung steht, wird OpenDTU gut finden. Mithilfe des WLAN-Mikrocontrollers ESP32 und einem separaten 2,4-GHz-Modem kann man alle Hoymiles-Wechselrichter der HM-Serie auslesen.

aus dem Panel nicht ausschöpfen kann. Welche Leistung der Wechselrichter tatsächlich abrufen kann, berechnen Sie, indem Sie die Vmp des Panels mit dem Imax (maximaler Eingangsstrom) des Wechselrichters multiplizieren. Beispielsweise: $31,3 \text{ Volt} \times 11,5 \text{ Ampere} = 359,95 \text{ Watt}$, sprich: 360 Watt.

Eine Ausnahme sind Mikrowechselrichter, die Panels durch Kurzschließen prüfen können. Liefert dabei das Solarmodul mehr Strom als vorgesehen, geht der Wechselrichter kaputt. Datenblatt oder Anleitung verraten, ob der Wechselrichter das kann. Hoymiles etwa bietet das nicht. Umfangreichere Informationen zu Mikrowechselrichtern finden Sie in c't 17/2022 [2]. Die dort angegebenen Preise sind jedoch heutzutage zumeist deutlich geringer.

Um von den Photovoltaikmodulen zum Wechselrichter zu kommen, benötigen Sie wahrscheinlich Verlängerungen mit MC4-Anschlüssen. Die gibts fertig konfektioniert in gängigen Längen im Netz. Wie Sie den benötigten Leitungsquerschnitt (in der Regel 4 oder 6 mm²) berechnen und MC4 sogar selber in passender Länge crimpfen, lesen Sie ab Seite 150.

Halterungen

Wir nähern uns der Zielgeraden: Steht der Installationsort fest, kümmern Sie sich um eine passende Halterung für die Anlage. Die Installationsanleitung des Herstellers – meist zu finden auf dessen Website, verrät, ob die Panels in jeder Lage montiert werden können und ob sie über die Montagelöcher hinten angeschraubt oder auch am Rahmen eingeklemmt werden können. Dafür verwendet man typischerweise Modulklemmen in Rahmenhöhe beziehungsweise M8-Schrauben mit Karosseriescheiben. Die nutzt man auch, um den Mikrowechselrichter anzuschrauben.

Fürs Balkongeländer finden Sie am Netz im ehesten die geeignete Halterung. Geländer sind individuell und nur durch Ausmessen und Recherchieren finden Sie etwas Passendes. Kaufen Sie auch hier aus Haftungsgründen nur bei einem europäischen Händler.

Wollen Sie das Balkonkraftwerk auf einem Pfannendach installieren, finden Sie in unserer Reportage in c't 4/2023 [5] viele praktische Hinweise. Dort gehen wir umfangreich auf die Schritte sowie auf das benötigte Material und Werkzeug ein.

Viele Lagerverkäuferinnen haben

Im Oktober 2022 haben wir eine 4,5-kW-Anlage selber auf einem Pfannendach installiert. Gleiche können Sie auch in kleiner mit Ihrem Balkonkraftwerk machen [6].



neben Panels und Kabeln auch Installationsmaterial für (Flach-)Dächer. Je nach Profilform können Sie es auch für Wandinstallationen verwenden und die Module senkrecht mit Modulklemmen befestigen. Passende Maueranker gibts im Baumarkt.

Auf Gartenhütten, Schuppen oder sonstigen, beispielsweise mit Dachpappe gedeckten Dächern können Sie günstige Z-Halter oder Rahmenhaken einsetzen. Schauen Sie beim Auswählen jedoch nach der Tragkraft und vergessen Sie nicht, vor dem Installieren Dichtmasse zu besorgen.

Flachdachaufstände gibt es zuhauf günstig im Netz. Diese sollten Sie nicht nur ballastieren, sondern auch mit Stahlseil oder -ketten mit dem Gebäude verankern, damit Ihre Anlage sturmsicher ist. Architekten und Solarinstallateure wissen meist, was in Ihren Gefilden sinnvoll ist. Ausschlaggebend ist die Windlastzone, die Sie auch im Netz ermitteln können; einen Link finden Sie über ct.de/yq8p.

Das benötigte Werkzeug ist überschaubar: Ein gut sortierter Werkzeugkasten bringt Sie schon weit und solange Sie nicht täglich neue Module anschrauben, genügt etwas Günstiges – machen wir auch nicht anders. Konkret sollten Sie Sets mit Schrauben- und Inbusschlüsseln, einen Stecknusskasten mit Ratsche sowie typische Schraubendreher haben.

Anmeldung und Eigenverbrauchsoptimierung

Haben Sie den handwerklichen Teil erledigt und die Anlage nach kurzem Testbetrieb wieder vom Strom getrennt, geht es zum bürokratischen Teil über: Das Anmeldeformular für das Balkonkraftwerk finden Sie auf der Website Ihres Netzbetreibers.

Anschließend sollten Sie die Anlage

im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur eintragen, damit sie in den Statistiken auftaucht und bei Netzstörungen bekannt ist. Tipp zur Eintragung: Die Bruttoleistung ist die addierte Leistung Ihrer Panels – etwa 810 Watt – und die Nettonennleistung die wechselspannungsseitige Ausgangsleistung Ihres Wechselrichters – beispielsweise 600 Watt.

Sobald der Stromzähler ausgetauscht wurde oder Ihnen der Netzbetreiber das Go gegeben hat, können Sie Ihr Balkonkraftwerk offiziell in Betrieb nehmen.

Dann bleibt nur noch, sich über die Sonnenproduktion zu freuen und Eigenverbrauchsoptimierung zu üben. Lassen Sie Waschmaschinen, Geschirrspüler, Wäschetrockner und andere Großverbraucher eher bei Sonnenschein laufen, dann verschenken Sie weniger Strom. Ehe Sie sich versehen, schreibt die Anlage schwarze Zahlen.

(amo@ct.de) ct

Literatur

- [1] Jan Mahn, Andrijan Möcker, Heimkleinkraftwerk, Mit Balkonsolaranlagen die Stromrechnung senken, c't 15/2022, S. 20
- [2] Jan Mahn, Andrijan Möcker, Sonnenwandler, Mikrowechselrichter für Balkonkraftwerke: Grundlagenwissen und Marktübersicht, c't 17/2022, S. 104
- [3] Jan Mahn, Pina Merkert, Andrijan Möcker, FAQ, Balkonkraftwerke, c't 23/2022, S. 178
- [4] Andrijan Möcker, Tippgemeinschaft, HedgeDoc: Gemeinsam texten mit Markdown-Pads, c't 13/2022, S. 178
- [5] Andrijan Möcker, OpenDTU einrichten, Hoymiles-Wechselrichter für Balkonkraftwerke per Web & MQTT überwachen, c't 24/2022, S. 158
- [6] Jan Mahn, Pina Merkert, Andrijan Möcker, Ab aufs Dach, Photovoltaik auf dem Dach mit Eigenleistung, c't 4/2023, S. 24

Planungspad und weitere Informationen:
ct.de/yq8p